

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

J1040 U.S. PRO  
09/784141  
02/16/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 3月31日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-101206

出 願 人  
Applicant(s):

株式会社日立製作所

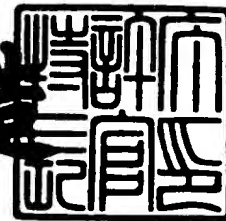
U. S. Appln. Filed 2-16-01  
Inventor: G. Oikawa et al  
mattingly Stanger Malur  
Docket NIT-254

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月 8日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3102010

【書類名】 特許願

【整理番号】 K00000111

【提出日】 平成12年 3月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/31

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージシステム事業部内

    【氏名】 及川 玄

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージシステム事業部内

    【氏名】 小島 修一

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージシステム事業部内

    【氏名】 斉藤 治信

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージシステム事業部内

    【氏名】 斉木 教行

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージシステム事業部内

    【氏名】 香川 昌慶

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージシステム事業部内

【氏名】 近藤 祥

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所 ストレージシステム事業部内

【氏名】 石掛 賢治

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市弁天町三丁目10番2号 日立協和エンジニアリング株式会社内

【氏名】 椎名 宏実

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド、その製造方法および磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

記録ヘッドと再生ヘッドを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、再生ヘッドエレメントであるセンサー膜の周りに設けられ、軟磁気特性と磁氣的なシールド機能とを持つ強磁性体膜がNiFe合金であるパーマロイから成り、初期形成層から膜厚 $1.0\mu\text{m}$ における組成範囲が $\text{Ni}=80.8\sim 82.0\text{wt}\%$ であり、膜厚 $1.0\mu\text{m}$ から上部形成層における膜組成範囲が、 $\text{Ni}=81.0\sim 81.2\text{wt}\%$ であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】

記録ヘッドと再生ヘッドを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、再生ヘッドエレメントであるセンサー膜の周りに設けられ、軟磁気特性と磁氣的なシールド機能とを持つ強磁性体膜がNiFe合金であるパーマロイから成り、上記強磁性体膜の磁気特性である磁歪定数 $\lambda$ が、初期形成層から膜厚 $1.0\mu\text{m}$ において $\lambda=-2.0\sim -7.0\times 10^{-7}$ であり、膜厚 $1.0\mu\text{m}$ から上部形成層において $\lambda=-3.0\sim -4.0\times 10^{-7}$ であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】

記録ヘッドと再生ヘッドを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、再生ヘッドエレメントであるセンサー膜の周りに設けられ、軟磁気特性と磁氣的なシールド機能とを持つ強磁性体膜がNiFe合金であるパーマロイから成り、該パーマロイのめっき膜の膜厚 $1.0\mu\text{m}$ より大きい膜厚の組成精度が $\text{Ni}=\pm 0.1\text{wt}\%$ であり、膜厚 $1.0\mu\text{m}$ 以下の組成精度が $\text{Ni}=\pm 0.3\text{wt}\%$ であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、パーマロイめっきの電流密度を時間的に変化させる制御を、パソコンを用い、時間と電流値を設定して行ない、膜形成を行なうことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 から 3 までのいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドを使用することを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はめっき膜製造方法の技術に関し、特に薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。さらに詳細には上部シールドにおいて、初期形成層の組成を厳密に制御した電気めっき法で形成する薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。また本発明は、この薄膜磁気ヘッドの製造方法を用いて製造した薄膜磁気ヘッド及びこの薄膜磁気ヘッドを用いた磁気ディスク装置に関する。

【0002】

尚、本発明は、薄膜磁気ヘッドの製造方法以外のめっき膜製造方法にも応用でき、このめっき膜製造方法を用いて電子回路基板を製造することも可能である。

【0003】

【従来の技術】

磁気ディスク装置として、高記録密度化とデータ通信速度の高速化が要求されている。

【0004】

この磁気ディスク装置に使用する薄膜磁気ヘッドとして、再生ヘッドをMR素子あるいはGMR素子とし、記録ヘッドをインダクティブ素子とした記録再生分離型ヘッドの開発が進んでいる。

【0005】

薄膜磁気ヘッドでは、高記録密度化に対応してBPI (BitsPerInch) 及びTPI (TracksPerInch) の向上が要求され、このBPI及びTPIが向上する程、再生出力は低下傾向にある。再生出力が小さくなる程、ライト後ノイズと出力変動が再生出力に与える影響は大きく、再生エラーが発生してしまう。

【0006】

また、高速通信化に対応して記録周波数の高周波数化が進み、高周波数化によ

リライト後ノイズが増加するという傾向がある。

#### 【 0 0 0 7 】

ここでライト後ノイズとは、磁気ディスクにデータを記録した後、再生を行なう時にその再生出力にノイズが生じる現象である。

#### 【 0 0 0 8 】

図2に示すように、一定周波数のライト電流を数 $10\mu\text{sec}$ 流し、ライト電流OFF後、数 $10\mu\text{sec}$ の間のリードヘッド出力において、あるスライスレベル以上のノイズ出力をカウント計測することで評価出来る。本評価においては、薄膜磁気ヘッド1スライダーにつき記録再生を10000回繰り返し、上記ノイズが一定個数以上発生する薄膜磁気ヘッドを不良品とした。

#### 【 0 0 0 9 】

一方、出力変動とは、磁気ディスク上のデータの再生を行なう時にその再生出力振幅が、減少又は増加してしまう現象である。この現象は、記録動作を加えることで加速される為、図3に示すように、出力変動 $dV_{pp} = |V_{pp}(\text{MAX}) - V_{pp}(\text{min})| / V_{pp}(\text{Ave.}) \times 100 (\%)$ で与えられ、本評価においては、薄膜磁気ヘッド1スライダーにつき記録再生を10000回繰り返し、出力変動 $dV_{pp}$ が一定%以上発生する薄膜磁気ヘッドを不良品とした。

#### 【 0 0 1 0 】

従来、薄膜磁気ヘッドにおけるライト後ノイズと出力変動対策として、再生エレメントであるセンサー膜の上下部に形成するシールド膜に対し、上部シールドの膜厚と磁気特性である磁歪定数 $\lambda$ を制御することで効果があった。シールド膜厚とライト後ノイズ及び出力変動の関係を図4に示す。シールド膜厚が厚くなる程、ライト後ノイズ、出力変動はともに減少する傾向があり、ライト後ノイズは $4.5\mu\text{m}$ 、出力変動は $3.0\mu\text{m}$ で最小となる。しかしシールド膜厚 $3.5\mu\text{m}$ 以上では、磁気ディスク内外周におけるリードトラックとライトトラックの位置決め精度が低下してしまう。従ってライト後ノイズ及び出力変動の許容範囲からシールド膜厚 $2.7\sim 3.5\mu\text{m}$ でなければならない。

#### 【 0 0 1 1 】

一方、磁歪定数 $\lambda$ とライト後ノイズ及び出力変動の関係を図5に示す。ライト

後ノイズは磁歪定数  $\lambda = -3.5 \times 10^{-7}$  近傍で最小となり、 $\lambda \geq 0 \times 10^{-7}$  において著しく増加する。出力変動は磁歪定数  $\lambda = -2.0 \times 10^{-7}$  近傍で最小となる。またシールド材であるNiFe合金のパーマロイは、プロセス後工程の熱処理によって磁歪定数が  $+1.0 \sim +2.0 \times 10^{-7}$  シフトしてしまう。従って熱処理による磁歪定数  $\lambda$  変動と、ライト後ノイズ及び出力変動の許容範囲から磁歪定数  $\lambda = -2.0 \sim -4.0 \times 10^{-7}$  でなければならない。このとき膜組成は図6に示した磁歪定数  $\lambda$  と膜組成の関係からNi=80.8~81.2wt%である。しかし、この上部シールド膜はめっき下地膜上の初期形成層においてFeリッチの傾向が有り、膜厚3.5  $\mu\text{m}$  でNi=81.1wt%、 $\lambda = -3.5 \times 10^{-7}$  の場合、初期層0.2  $\mu\text{m}$  ではNi=78.9wt%、 $\lambda = +4.8 \times 10^{-7}$  といった膜であることがわかった。

#### 【 0 0 1 2 】

ライト後ノイズ及び出力変動に対して、センサー膜近傍に位置する上部シールド初期形成層の膜組成及び磁歪定数依存性は明らかであり、然るべく、さらなる磁気ディスク装置の高記録密度化及び高速通信化に対して上部シールドの改良が必要となった。

#### 【 0 0 1 3 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

磁気ディスク装置の高記録密度化及び高速通信化に伴い、ライト後ノイズと出力変動の無い薄膜磁気ヘッドを用いることが必要である。

#### 【 0 0 1 4 】

上部シールド膜として、めっき後で磁歪定数  $\lambda = -2.0 \sim -4.0 \times 10^{-7}$ 、組成Ni = 80.8~81.2wt%のパーマロイ膜を構成することにより、ライト後ノイズと出力変動を低減することが出来た。しかし、めっき初期形成層においてFeリッチの傾向が有る為、さらなる磁気ディスク装置の高記録密度化及び高周波数化に対し、ライト後ノイズと出力変動対策として不十分であった。

#### 【 0 0 1 5 】

本発明の目的は、上述の薄膜磁気ヘッドの問題点を解決した薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

## 【 0 0 1 6 】

また、この薄膜磁気ヘッドを用いた高性能磁気ディスク装置を実現することにある。

## 【 0 0 1 7 】

## 【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明は主として次のような構成を採用する。上部シールド膜においてNiFe合金であるパーマロイを材料として電気めっき法で形成し、その初期形成層の組成が上層と比較して同等もしくはNiリッチとなっていること、あるいはその初期形成層の磁歪定数が上層と比較して同等もしくは小さくなっていること、これらの形成方法が同一めっき浴中で電流値を変化させてめっきを行なうこと、を有する薄膜磁気ヘッド及びその製造方法。

## 【 0 0 1 8 】

第1の発明の特徴は、記録ヘッドと再生ヘッドを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、再生ヘッドエレメントであるセンサー膜の周りに設けられ、軟磁気特性と磁気的なシールド機能とを持つ強磁性体膜がNiFe合金であるパーマロイから成り、初期形成層から膜厚 $1.0\mu\text{m}$ における組成範囲が $\text{Ni}=80.8\sim 82.0\text{wt}\%$ であり、膜厚 $1.0\mu\text{m}$ から上部形成層における膜組成範囲が、 $\text{Ni}=81.0\sim 81.2\text{wt}\%$ である薄膜磁気ヘッドにある。

## 【 0 0 1 9 】

第2の発明の特徴は、記録ヘッドと再生ヘッドを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、再生ヘッドエレメントであるセンサー膜の周りに設けられ、軟磁気特性と磁気的なシールド機能とを持つ強磁性体膜がNiFe合金であるパーマロイから成り、上記強磁性体膜の磁気特性である磁歪定数 $\lambda$ が、初期形成層から膜厚 $1.0\mu\text{m}$ において $\lambda=-2.0\sim -7.0\times 10^{-7}$ であり、膜厚 $1.0\mu\text{m}$ から上部形成層において $\lambda=-3.0\sim -4.0\times 10^{-7}$ である薄膜磁気ヘッドにある。

## 【 0 0 2 0 】

第3の発明の特徴は、記録ヘッドと再生ヘッドを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、再生ヘッドエレメントであるセンサー膜の周りに設けられ、軟磁気特性と磁気的なシールド機能とを持つ強磁性体膜がNiFe合金であるパーマロイから成り、



該パーマロイのめっき膜の膜厚 $1.0\mu\text{m}$ より大きい膜厚の組成精度が $\text{Ni}=\pm 0.1\text{wt}\%$ であり、膜厚 $1.0\mu\text{m}$ 以下の組成精度が $\text{Ni}=\pm 0.3\text{wt}\%$ である薄膜磁気ヘッドにある。

#### 【 0 0 2 1 】

第4の発明の特徴は、上記第1から3までのいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、パーマロイめっきの電流密度を時間的に変化させる制御を、パソコンを用い、時間と電流値を設定して行ない、膜形成を行なう薄膜磁気ヘッドの製造方法にある。。

#### 【 0 0 2 2 】

第5の発明の特徴は、上記第1から3までのいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドを使用する磁気ディスク装置にある。

#### 【 0 0 2 3 】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について、以下説明する。ここで、基板は5インチ径ガラス基板を使用し、めっき導通下地膜としてスパッタリング法によりNiFe合金のパーマロイ $0.15\mu\text{m}$ 、磁歪定数 $\lambda = -3 \sim -4 \times 10^{-7}$ を形成した。

#### 【 0 0 2 4 】

めっき浴は、浴温 $30^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{pH}3.6$ 、浴組成は金属イオン濃度が $\text{Fe}^{2+}0.5 \sim 1.5\text{g/l}$ 、 $\text{Ni}^{2+}10 \sim 30\text{g/l}$ 、サッカリンナトリウム $1.0 \sim 2.0\text{g/l}$ 、ほう酸 $20 \sim 30\text{g/l}$ 、塩化ナトリウム $20 \sim 30\text{g/l}$ を使用した。

#### 【 0 0 2 5 】

めっき電源は定電流電源を使用し、パソコンを用いて時間と電流値を設定することで、1秒及び1mA単位で印加電流シーケンスを自由に設定できるようにした。

#### 【 0 0 2 6 】

膜組成測定は蛍光X線分析装置を使用し、磁歪定数測定は薄膜用B-Hトレーサを用いて応力印加時における膜の異方性磁界 $H_k$ の変化から数1を用いて求めた。

【 0 0 2 7 】

【数 1】

$$Hk = Hk_0 \pm \frac{3\lambda \sigma (1+\nu)}{k} \quad (\text{A/m}) \quad \dots\dots (\text{数1})$$

【 0 0 2 8 】

ここで、 $Hk_0$ ：応力が零時の膜の異方性磁界 (A/m) ,  $\lambda$ ：磁歪定数,  $\nu$ ：膜のポアッソン比 (0.32とした) ,  $\sigma$ ：応力 (Pa) ,  $I_s$ ：膜の飽和磁束密度 (1Tとした) である。印加磁界の方向は応力方向と一致させ、応力は3点曲げ法で加えた。応力  $\sigma$  を変化させて異方性磁界  $Hk$  を測定し、その変化率から磁歪定数  $\lambda$  を求めた。単位面積当たりのめっき電流値をめっき電流密度あるいは単に電流密度といい、この電流密度に対して、上述のめっき浴から図7で示すような膜組成 (Ni含有量) のめっき膜が形成される。

【 0 0 2 9 】

また図7で示した膜組成に対して図6で示すような磁歪定数  $\lambda$  の特性が得られる。但し、図6及び図7の膜はめっき初期から上層まで一定電流で  $3.5 \mu\text{m}$  形成している為、初期形成層の膜組成変動及び磁歪定数  $\lambda$  の変動を含んだ値である。

【 0 0 3 0 】

また、めっき膜厚は電解量で決まる為、定電流に対してめっき時間に比例する。上部シールド膜として磁歪定数  $\lambda = -3.5 \times 10^{-7}$  , 膜厚  $3.5 \mu\text{m}$  を形成する場合、図6及び図7から膜組成  $\text{Ni}=81.1\text{wt}\%$ 、電流密度  $i=4\text{mA}/\text{cm}^2$  である。また基板形状から被めっき面積が  $112.5\text{cm}^2$  である為、電流値  $I=450\text{mA}$  となる。

【 0 0 3 1 】

従来方法によれば、めっき開始から終了まで一定電流  $I=450\text{mA}$  を印加する為、図8に示すように膜厚  $1.0 \mu\text{m}$  以下の範囲でNi含有量が急激に減少し、膜厚  $3.5 \mu\text{m}$  で  $\text{Ni}=81.1\text{wt}\%$ 、 $\lambda = -3.5 \times 10^{-7}$  の場合、初期層  $0.2 \mu\text{m}$  では  $\text{Ni}=78.9\text{wt}\%$ 、 $\lambda = +4.8 \times 10^{-7}$  となり膜組成差  $\Delta \text{Ni}=2.2\text{wt}\%$ 、磁歪定数シフト量  $\Delta \lambda = 8.3 \times 10^{-7}$  を生じる。しかも磁歪が正になってしまう。ここで、図8は各膜厚までめっきした基板を用いて膜組成及び磁歪定数  $\lambda$  を測定したものである。

## 【 0 0 3 2 】

そこで本発明では、めっき開始時の電流値 $I$ と印加時間 $t$ を $I_1=160\text{mA}$  ( $i=1.42\text{mA}/\text{cm}^2$ ) ,  $t_1=120\text{sec}$ と低電流側に設定し、続いて $I_2=240\text{mA}$  ( $i=2.13\text{mA}/\text{cm}^2$ ) ,  $t_2=30\text{sec}$ 、 $I_3=360\text{mA}$  ( $i=3.20\text{mA}/\text{cm}^2$ ) ,  $t_3=30\text{sec}$ 、 $I_4=420\text{mA}$  ( $i=3.73\text{mA}/\text{cm}^2$ ) ,  $t_4=150\text{sec}$ 、 $I_5=440\text{mA}$  ( $i=3.91\text{mA}/\text{cm}^2$ ) ,  $t_5=180\text{sec}$ 、 $I_6=445\text{mA}$  ( $i=3.96\text{mA}/\text{cm}^2$ ) ,  $t_6=1125\text{sec}$ 、 $I_7=450\text{mA}$  ( $i=4.00\text{mA}/\text{cm}^2$ ) ,  $t_7=1125\text{sec}$ とステップ状に高電流側に電流値を上げていく印加方式を採用した。この電流シーケンスを図11に示す。このようなステップ型の電流シーケンスを用いると膜組成は図8に示すように膜厚 $3.5\mu\text{m}$ で $\text{Ni}=81.1\text{wt}\%$ 、 $\lambda=-3.5\times 10^{-7}$ の場合、初期層 $0.2\mu\text{m}$ において $\text{Ni}=80.9\text{wt}\%$ 、 $\lambda=-3.3\times 10^{-7}$ であり、膜組成差 $\Delta\text{Ni}=0.2\text{wt}\%$ 、磁歪定数シフト量 $\Delta\lambda=1.2\times 10^{-7}$ といった膜を形成することが出来た。上述の一定電流 $I=450\text{mA}$ でのめっき膜と比較して、初期層と上層の膜組成及び磁歪定数を同等にすることが出来た。

## 【 0 0 3 3 】

また、めっき電流値 $I_1\sim I_4$ を更に低電流側でステップ型に設定することにより、図8に示すように初期層の膜組成を $\text{Ni}$ リッチにすることが可能であり、膜厚 $3.5\mu\text{m}$ で $\text{Ni}=81.1\text{wt}\%$ 、 $\lambda=-3.5\times 10^{-7}$ の場合、初期層 $0.2\mu\text{m}$ において $\text{Ni}=82.0\text{wt}\%$ 、 $\lambda=-7.0\times 10^{-7}$ となり、膜組成差 $\Delta\text{Ni}=-0.9\text{wt}\%$ 、磁歪定数シフト量 $\Delta\lambda=-3.5\times 10^{-7}$ といった膜を形成することが出来た。上記方法により、初期層と上層の膜組成差及び磁歪定数シフト量を低減し、同等にした膜A、 $\text{Ni}$ リッチな膜B、 $\text{Fe}$ リッチな膜Cを形成して上部シールドとして用い、薄膜磁気ヘッドを製造し、ライト後ノイズ及び出力変動を評価した。その結果を図9及び図10に示す。これは350スライダーの薄膜磁気ヘッドに対して、記録周波数 $60\sim 180\text{MHz}$ で記録と再生を10000回繰り返し行ない、ライト後ノイズ発生数及び出力変動 $dV_{pp}$ を測定し、累積度数で示したものである。従来技術と比較すると、ライト後ノイズ(=WN)発生数が10スライダー以下、出力変動 $dV_{pp}$ は10%以下を目標値とすれば、膜AはWNが約20%、 $dV_{pp}$ が約40%低減、膜BはWNが約21%、 $dV_{pp}$ が約39%低減、膜CはWNが約18%、 $dV_{pp}$ が約38%低減することが出来た。膜A、B、Cはともに磁気ヘッドの電気特性上同等レベルであり従来品と比較して、ライト後ノイズを約20%、出力変動を約40%と低減する効果が得られた。

【 0 0 3 4 】

表1に従来品と本発明品A、B、Cによる薄膜磁気ヘッド評価判定表を示す。

【 0 0 3 5 】

【表 1】

表1

No.	種別	膜全体			初期層		特性評価	
		シールド膜厚	$\lambda$ ( $\times 10^{-7}$ )	Ni組成 (wt%)	$\lambda$ ( $\times 10^{-7}$ )	Ni組成 (wt%)	ライト後 ノイズ	出力変動
従来品1	膜厚2.7 $\mu\text{m}$	2.7 $\mu\text{m}$	-4.0	81.2	4.3	78.8	×	×
従来品2	膜厚3.5 $\mu\text{m}$	3.5 $\mu\text{m}$	-3.5	81.1	4.8	78.9	△	△
本発明品A	同等組成	3.0 $\mu\text{m}$	-3.5	81.1	-3.5	81.8	○	○
本発明品B	Niリッチ	3.0 $\mu\text{m}$	-3.5	81.1	-7.0	82.0	○	○
本発明品C	Feリッチ	3.0 $\mu\text{m}$	-3.5	81.1	-2.0	80.8	○	○

【 0 0 3 6 】

更に試作検討を行ない、電流値をステップ型に変化させる方法を用いることで、図1及び図2に示すような膜厚方向に対する膜組成及び磁歪定数を有する膜の形成が可能となり、この膜を上部シールドとして用いた薄膜磁気ヘッドによってライト後ノイズ及び出力変動を低減することが出来た。

【 0 0 3 7 】

また図11に示す膜Aの電流シーケンスを用いてライト後ノイズと出力変動の膜組成及び磁歪定数依存性を調査した。その結果を図4及び図5に示す。従来品と比較するとシールド膜厚2.5 $\mu\text{m}$ 以上でライト後ノイズ、出力変動ともに最小となり、かつ膜厚依存性が小さくなる。磁歪定数に対しては、 $-3.5 \times 10^{-7}$ 以下でライト後ノイズ、出力変動ともに最小となり、かつ磁歪定数依存性が小さくなる。

【 0 0 3 8 】

一方、膜厚方向に対する膜組成変動を低減する他の実施例として、攪拌速度または浴温、浴組成、pH等を時間と共に変化させてめっきを行なう方法がある。攪拌条件としては、棒を往復揺動して、めっきする基板表面近傍の液を攪拌する方法を行ない、膜厚上層において70往復/分に対して初期形成層において高速100往

復/分とすることで初期形成層のFeリッチを抑制することが出来る。また、浴温条件としては、めっき開始時浴温38℃に設定し、初期形成層から膜厚上層にかけて加熱・冷却機構を用いて浴温30℃まで温調制御することで同様の効果が得られた。またpH条件としては、pH2.5でめっきを開始し、アルカリ滴定により膜厚上層においてpH 3.0までpH上昇を行なうことで同様の効果が得られた。また浴組成条件としては、硫酸鉄の濃縮溶液を用いて、めっき開始からこの溶液を適定して金属イオン濃度比 ( $\text{Ni}^{2+}/\text{Fe}^{2+}$ ) を変化させることで、同様の効果が得られた。

## 【 0 0 3 9 】

また、上部シールド材として高飽和磁束密度を持つNi含有量44~48wt%のNiFe合金を使用することが可能であり、この材料を電気めっき法で形成する場合においても、上述のステップ状に変化させた電流値を適正化することで初期層と上層の膜組成差 $\Delta\text{Ni}$ を低減することが出来る。

## 【 0 0 4 0 】

次に、本発明の他の実施形態について図12及び図13を用いて説明する。図12は図13で示した磁気コア10の端部である上部書き込みポール4を電気めっき法で形成した場合の、断面図を示したものである。上部書き込みポール4はパーマロイないしは高飽和磁束密度を持つNi含有量44~48wt%のNiFe合金を材料として形成され、初期層と上層との膜組成差を $\Delta\text{Ni}=3.0\text{wt}\%$ から $\Delta\text{Ni}=0.5\text{wt}\%$ まで低減することが出来た。組成測定は、上部書き込みポール4断面をEDX（エネルギー分散型X線分析）法を用いた。上部書き込みポール4の形成方法は、まず、基板1上にめっき導通下地膜2をスパッタリング法で形成し、続いて上部書き込みポール4を含む磁気コア10の形状にレジストフレーム3を形成する。ここにめっきを行なうと、上部書き込みポール4はフレーム間 $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$ 、フレーム高さ $5\sim 10\mu\text{m}$ でありアスペクト比10~20と非常に狭小部となる。この場合、他のめっきパターン部と面積差が大きい為、電流密度差が生じること及び浴攪拌状態から浴組成差が生じることから膜厚方向に組成変動が起きてしまうのである。

## 【 0 0 4 1 】

本発明の薄膜磁気ヘッドを用いて、磁気ディスク装置を製作した。図14に磁気ディスク装置の構造概略図を示す。

【 0 0 4 2 】

また本発明は、薄膜磁気ヘッドの製造方法に限ったことではなく、このめっき膜製造方法を用いて電子回路基板を製造することも可能である。

【 0 0 4 3 】

【発明の効果】

本発明によれば、ライトヘッドとリードヘッドを有する磁気記録装置に使用する薄膜磁気ヘッドにおいて、めっき電流密度をステップ型に変化させて、めっき初期形成層の組成を厳密に制御した上部シールド膜を用いることにより、ライト後ノイズと出力変動の小さい薄膜磁気ヘッドを提供することができる。またこの薄膜磁気ヘッドを使用することにより、高記録密度化及び高速通信化された磁気ディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による膜厚に対する膜組成Ni領域及び磁歪定数 $\lambda$ 領域を示す図である。

【図 2】

ライト後ノイズを示す図である。

【図 3】

出力変動を示す図である。

【図 4】

膜厚に対するライト後ノイズ及び出力変動を示す図である。

【図 5】

磁歪定数 $\lambda$ に対するライト後ノイズ及び出力変動を示す図である。

【図 6】

膜組成Niと磁歪定数 $\lambda$ の関係を示す図である。

【図 7】

めっき電流密度と膜組成Niの関係を示す図である。

【図 8】

本発明品と従来品における膜厚に対する膜組成Ni及び磁歪定数 $\lambda$ を示す図である。

【図 9】

本発明品と従来品におけるライト後ノイズ発生数の累積度数を示す図である。

【図 1 0】

本発明品と従来品における出力変動の累積度数を示す図である。

【図 1 1】

本発明によるめっき電流シーケンスの図である。

【図 1 2】

上部書き込みポールをめっき形成した図である。

【図 1 3】

薄膜磁気ヘッドの先端部の断面図である。

【図 1 4】

本発明の薄膜磁気ヘッドを用いた磁気ディスク装置の概略図である。

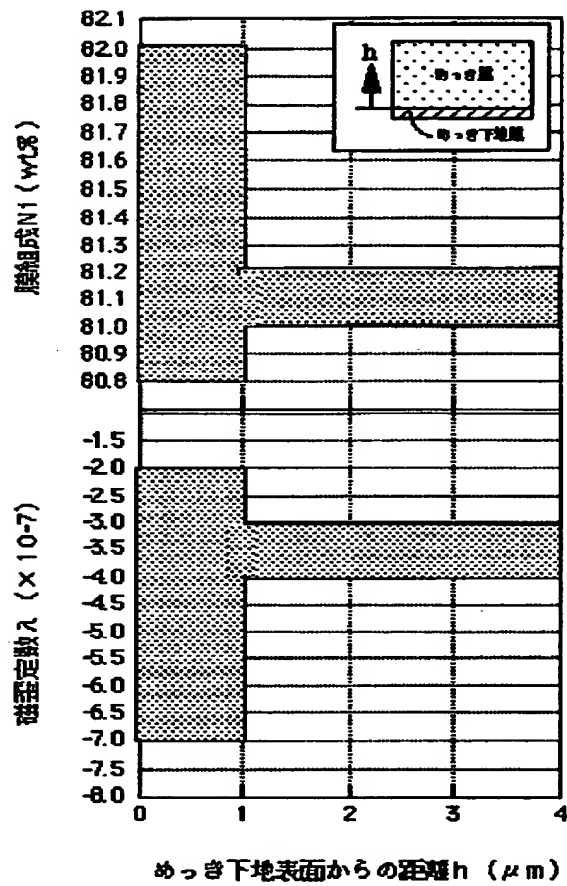
【符号の説明】

1…基板、2…めっき導通下地膜、3…レジストフレーム、4…上部書き込みポールのめっき形状、10…上部書き込みポール、11… GAP、12… コイル、13 …絶縁膜、14 …下部シールド、15… 上部シールド、16… MRセンサー部、17… ハードバイアス層及び電極層、18… 基板、21 …磁気記録媒体、22 …磁気記録媒体駆動部、23 …磁気ヘッド、24 …磁気ヘッド駆動部、25 …記録再生信号処理系。

【書類名】 図面

【図 1】

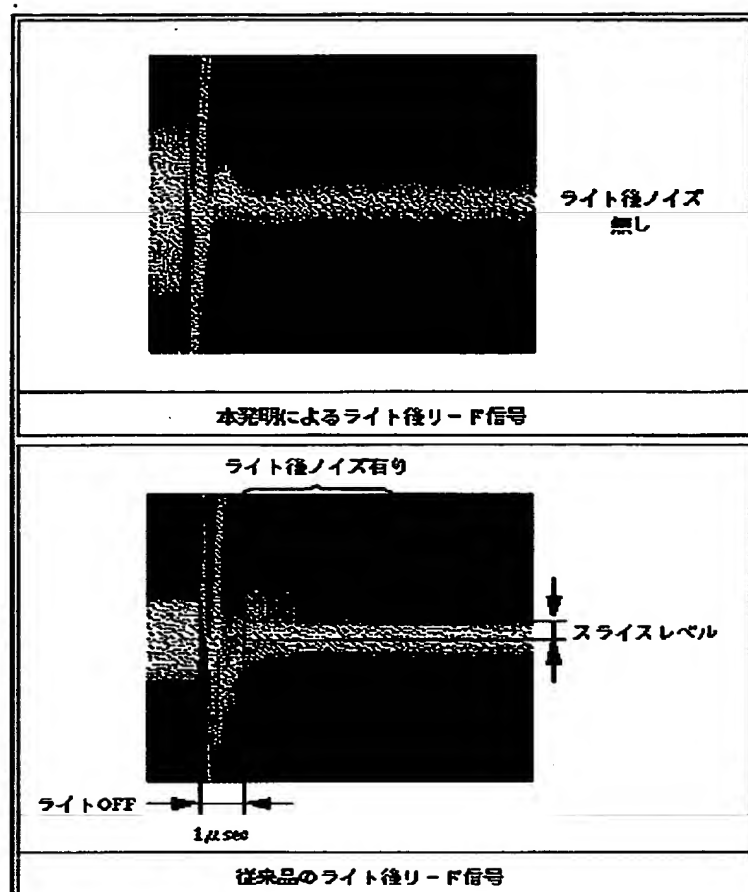
図 1





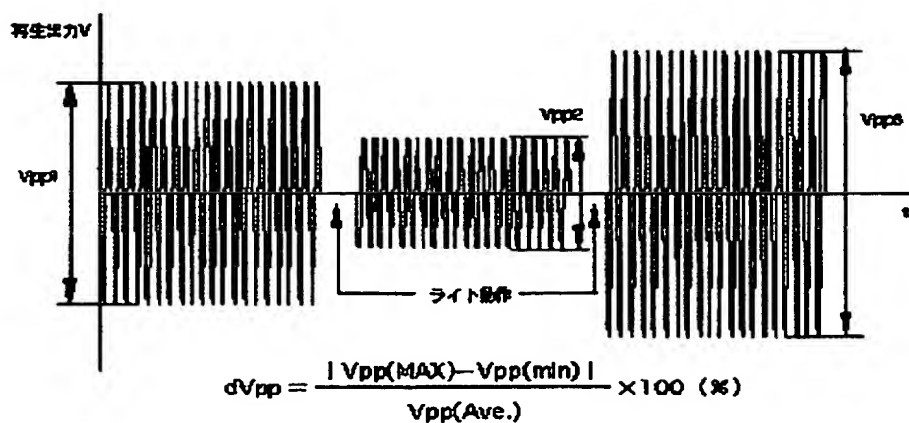
【図2】

図2



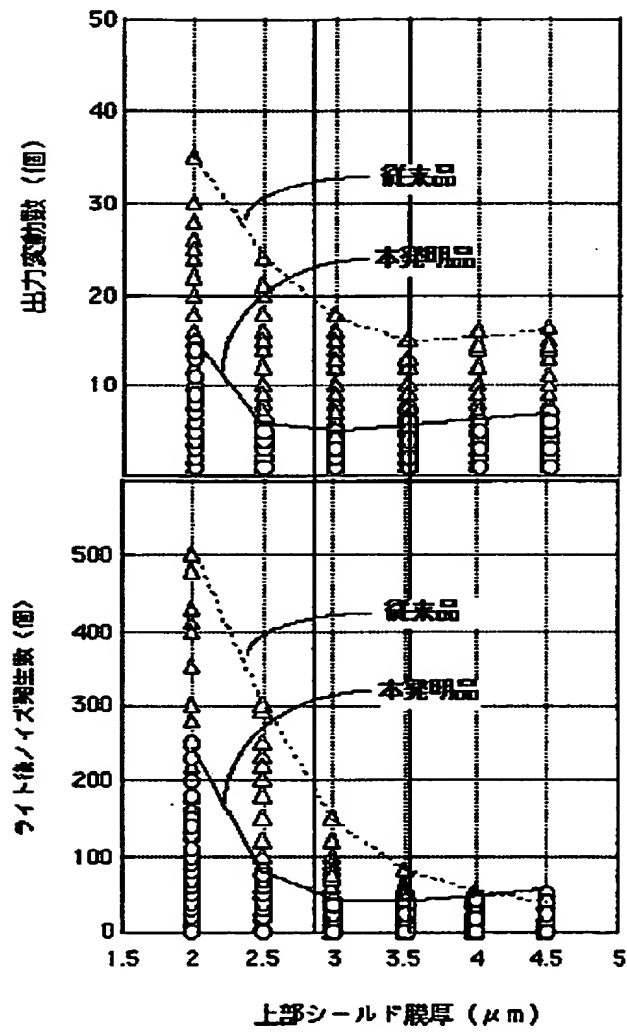
【図3】

図3



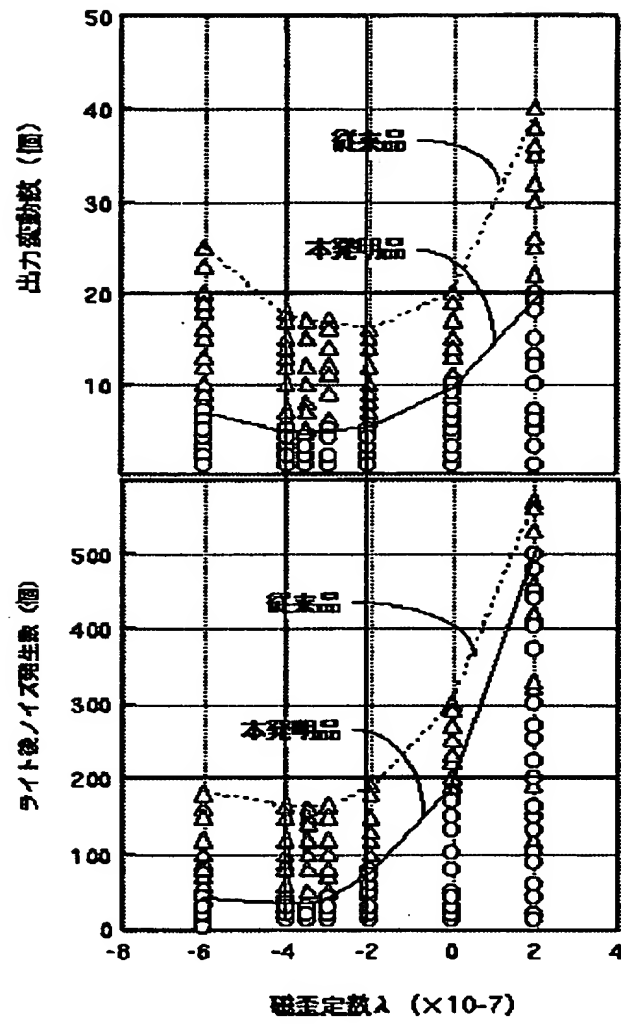
【図4】

図4



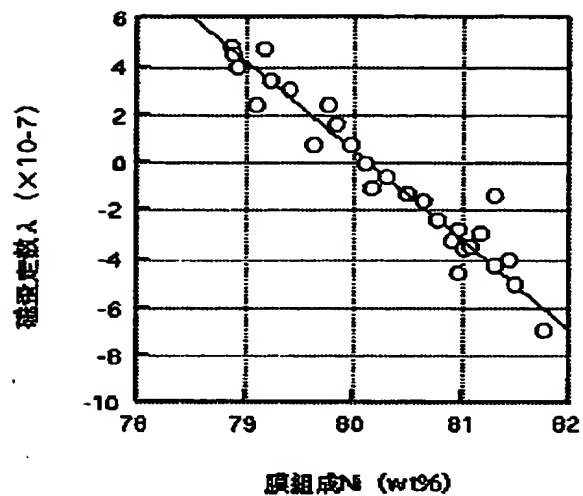
【図5】

図5



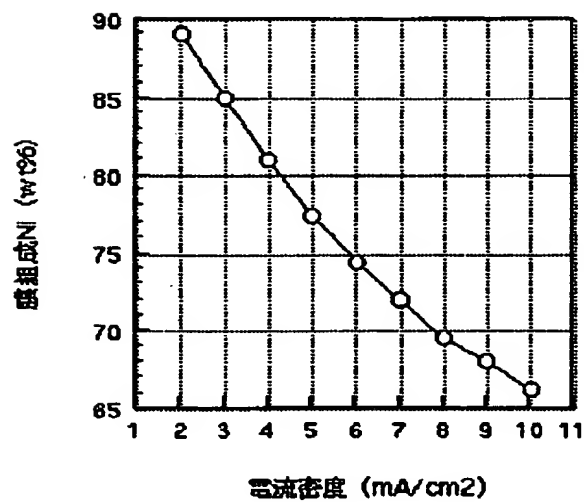
【図 6】

図6



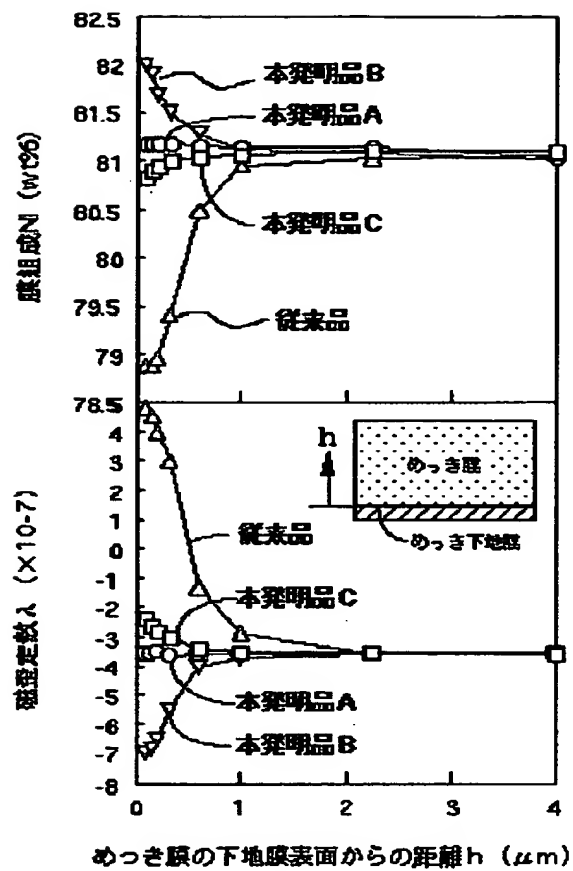
【図 7】

図7



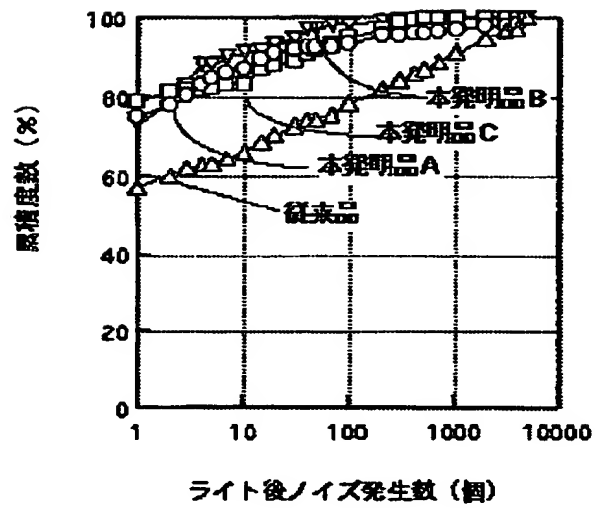
【図8】

図8



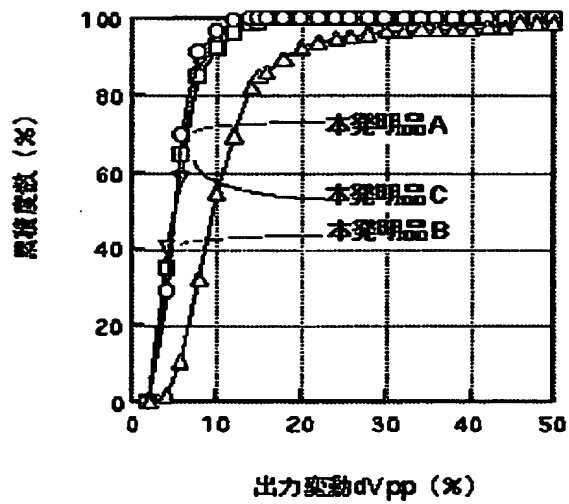
【図 9】

図9



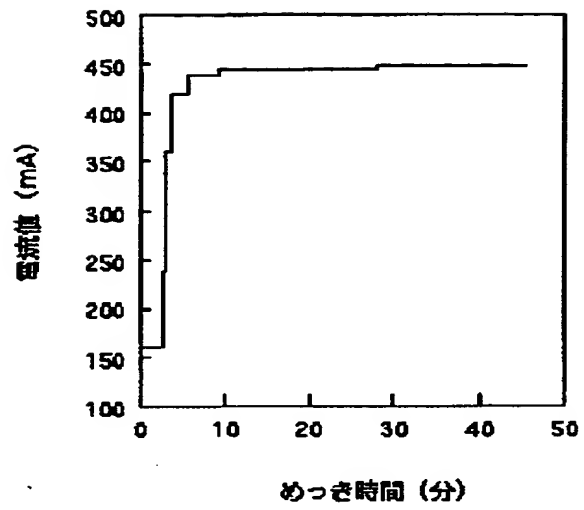
【図 10】

図10

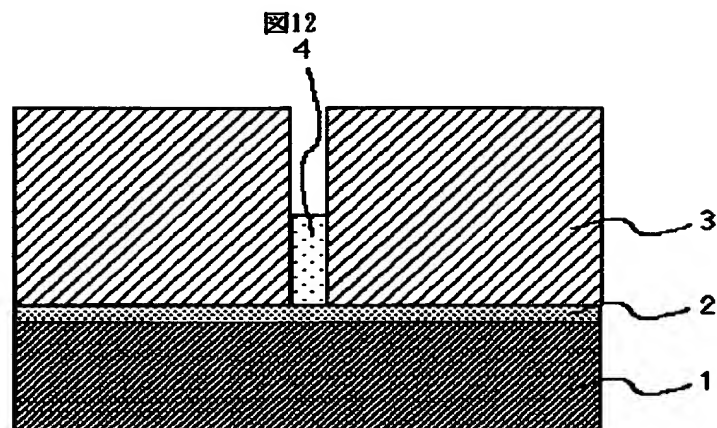


【図 1 1】

図11

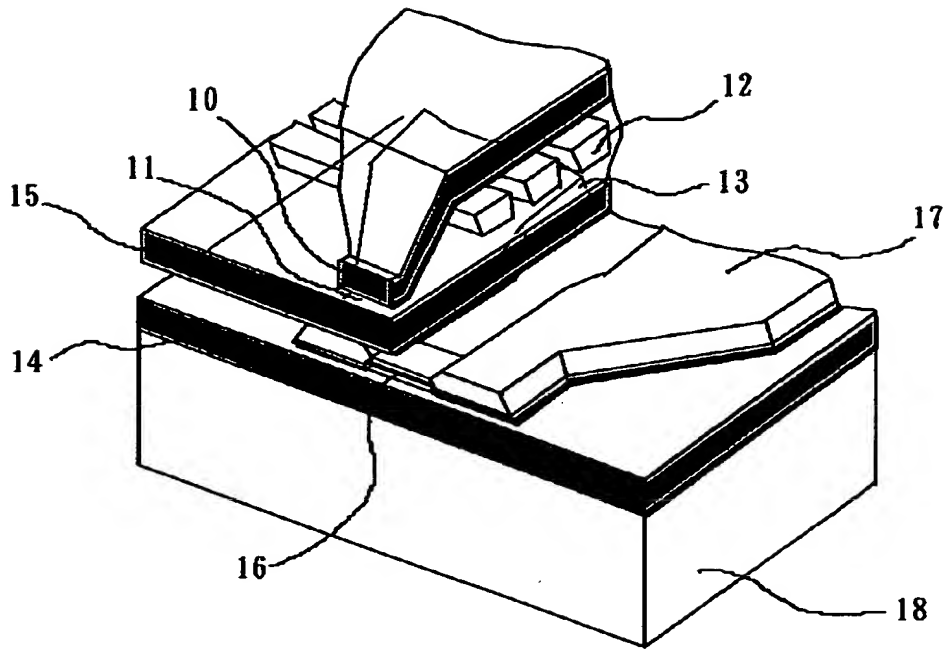


【図 1 2】



【図13】

図13

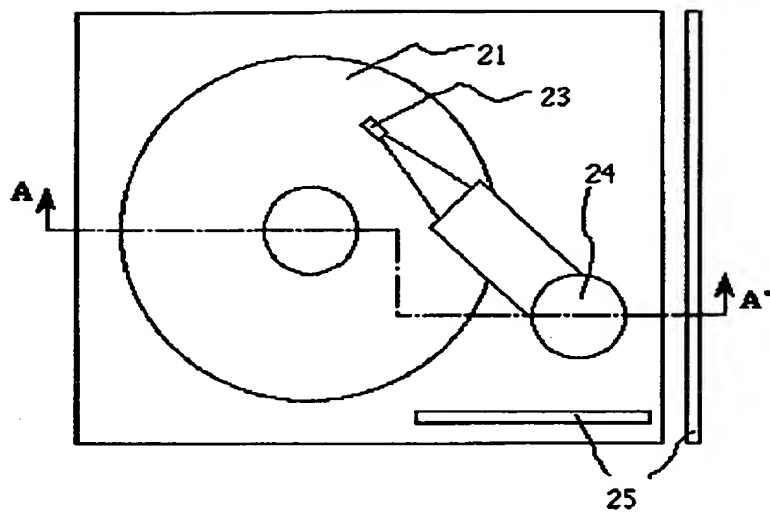




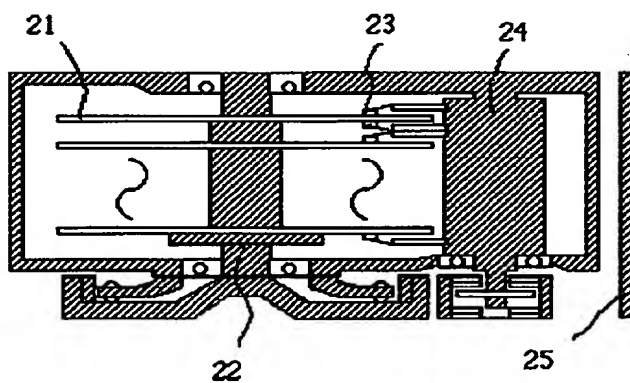
【図 1 4】

図14

(a)



(b) (a)のA-A断面図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

膜厚方向の組成及び磁気特性を厳密に制御した上部シールドを形成し、ライト後ノイズ及び出力変動を抑えた薄膜磁気ヘッドを提供すること。

【解決手段】

薄膜磁気ヘッドの上部シールドを電気めっき法で形成する薄膜磁気ヘッドの製法において、めっき電流密度を時間と共にステップ型に変化させる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**